

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-145554

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-308405

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 11.11.1997

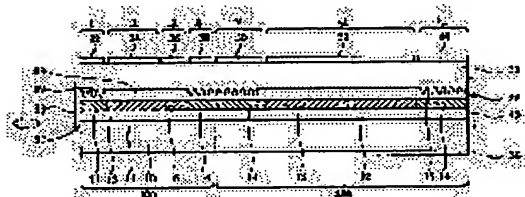
(72)Inventor : KUNIMATSU DAISUKE  
OGAWA HIROSHI  
ARATAIRA SHIN

## (54) SEMICONDUCTOR PULSE LASER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor pulse laser which is capable of outputting superior optical pulses with no propagation loss, and small-sized.

**SOLUTION:** A semiconductor pulse laser is formed as a single optical element by providing a passive mode-locked section 100 to be controlled, composed of a first gain region II, a first passive waveguide region I provided at one end of the region II, a saturable absorption region III provided at the other end of the region II, and a second passive waveguide region IV which is successively provided from the region III and a controlling and oscillating section 200 formed integrally with a second passive waveguide region IV side of the the passive mode-locked section 100 on a common substrate 10.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st gain field and the 1st passivity waveguide field established in the end of this 1st gain field, The controlled passivity mode synchronizer which consists of a 2nd passivity waveguide field which was connected [ other end / of said 1st gain field ] to the prepared saturable absorption field and this saturable absorption field, and was prepared, Semi-conductor pulse laser equipment characterized by forming in the 2nd passivity waveguide field side of this controlled passivity mode synchronizer the control oscillation section by which unification formation was carried out as a single light corpuscle child in preparation for a respectively common substrate top.

[Claim 2] the 4th passivity waveguide field where said control oscillation section was prepared in the other end of the 2nd gain field, the 3rd passivity waveguide field established in the end of this 2nd gain field, and said 2nd gain field in semi-conductor pulse laser equipment according to claim 1 — with, the semi-conductor pulse laser equipment characterized by constituting.

[Claim 3] Semi-conductor pulse laser equipment characterized by changing the effective index of said 1st and 2nd passivity waveguide field, and the effective index of said 3rd and 4th passivity waveguide field, and constituting in semi-conductor pulse laser equipment according to claim 1 or 2.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to semi-conductor pulse laser equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as a light pulse generator using semiconductor laser, there is a passive mode locked laser which consists of a gain field and a saturable absorption field. However, the output pulse of a passive mode locked laser has the problem that a time amount jitter is large. An optical synchronous passive-mode-locking method is in one of the approaches which conquers this problem. This approach pours a control light pulse signal into a passive mode locked laser from the exterior, and makes an output light pulse output. As an example of such an optical synchronous passive-mode-locking method, there is an approach indicated by Reference I (reference I:IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS.VOL.8.NO.5.MAY 1996, pp.617-619). In this approach, as for a passive mode locked laser, incidence of the stable control light pulse is carried out in time [ predetermined ] through an optical fiber from the exterior. A synchronization is taken in the oscillation light and the saturable absorption field which oscillated the control light pulse signal by which incidence was carried out in the gain field of a passive mode locked laser. And a stable output light pulse (short pulse train) is outputted in time from the outgoing radiation end face of a passive mode locked laser.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the conventional optical synchronous passive-mode-locking method has the problem which is described below in order to pour a control light pulse signal into a passive mode locked laser through an optical fiber from the exterior.

[0004] \*\* There is loss of optical reinforcement in the process in which a control light pulse signal is poured into a passive mode locked laser.

[0005] \*\* It is the linkage phase of an optical fiber and a passive mode locked laser, and it is necessary to perform highly precise optical coupling, and optical adjustment is dramatically complicated.

[0006] \*\* Actuation becomes instability from an optical fiber by fluctuation of the plane of polarization at the time of carrying out incidence of the control light pulse to a passive mode locked laser (plane of vibration of electric field).

[0007] \*\* Since the further conventional passive mode locked laser needs an optical fiber and a control light pulse generator, equipment enlarges it.

[0008] Then, there were few propagation losses, optical joint adjustment was easy, and stability of operation was also good, and an appearance of the semi-conductor pulse laser equipment which can be miniaturized was desired.

[0009]

[Means for Solving the Problem] According to the semi-conductor pulse laser equipment of this invention, for this reason, the 1st gain field, The 1st passivity waveguide field established in the end of this 1st gain field, and the saturable absorption field established in the other end of the

1st gain field, The controlled passivity mode synchronizer which consists of a 2nd passivity waveguide field which was connected and was established in this saturable absorption field, It is characterized by forming in the 2nd passivity waveguide field side of a controlled passivity mode synchronizer the control oscillation section by which unification formation was carried out as a single light corpuscle child in preparation for a respectively common substrate top.

[0010] Thus, since unification formation of the control oscillation section is carried out and this invention is consisted of by the controlled passivity mode synchronizer, equipment itself can be used as a compact (miniaturization).

[0011] Moreover, since the control oscillation section is made into active mode locking structure and unification formation has been carried out at the controlled passivity mode synchronizer, the loss on the strength [ optical ] by association with an optical fiber is lost. It becomes unnecessary moreover, to restart adjustment of optical coupling for every light property which was performed conventionally. Moreover, since direct coupling of a controlled passivity mode synchronizer and the control oscillation section is carried out, fluctuation of the plane of polarization of a light pulse is reduced, and actuation is stabilized.

[0012] Moreover, since direct coupling of the control oscillation section and the controlled passivity mode synchronizer is carried out, fluctuation of them by the plane of polarization of the control light pulse poured in to a controlled passivity mode synchronizer is lost, and actuation is stabilized.

[0013] moreover, the 3rd passivity waveguide field where the control oscillation section was preferably prepared in the end of the 2nd gain field and this 2nd gain field in implementation of this invention and the 4th passivity waveguide field established in the other end of the 2nd gain field — with, it is good to constitute.

[0014] A modulation electrical potential difference can be impressed to the 2nd gain field, and a control light pulse can be oscillated, and the 3rd and 4th passivity waveguide field can be made to spread by making it such a configuration.

[0015] Moreover, it is good to constitute in implementation of this invention as a value which changes the effective index of the 1st and 2nd passivity waveguide field, and the effective index of the 3rd and 4th passivity waveguide field, namely, is different preferably.

[0016] Since the frequency (Bragg wavelength) of the oscillation light oscillated in the 1st gain field of a control light pulse and a controlled passivity mode synchronizer oscillated in the control oscillation section by making it such a configuration is changeable, wavelength selection of each circumference frequency can be performed.

[0017]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per semi-conductor pulse laser equipment of the gestalt of implementation of this invention. In addition, it does not pass for the magnitude, the configuration, and arrangement relation of each constituent of drawing 1 and drawing 2 to be roughly shown in extent which can understand this invention, and for it be, therefore this invention is not limited to the example of a graphic display at all.

[0018] With reference to [structure of semi-conductor pulse laser equipment] drawing 1, it explains per gestalt of operation of the semi-conductor pulse laser equipment of this invention. In addition, drawing 1 is a sectional view offered in order to explain the main structures of the semi-conductor pulse laser equipment of this invention. Here, in order to clarify drawing, a part of slash showing a drawing interruption side is omitted and shown.

[0019] This controlled passivity mode synchronizer 100 is equipped with the 2nd passivity waveguide field (IV) which was connected [ end / of the 1st gain field (II) and the 1st gain field (II) / other end / of the prepared 1st passivity waveguide field (I) and the 1st gain field (II) ] to the prepared saturable absorption field (III) and this saturable absorption field (III), and was prepared. The semi-conductor pulse laser equipment of this invention is formed in the 2nd passivity waveguide field (IV) side of the controlled passivity mode synchronizer 100 as a single light corpuscle child in preparation for the respectively common substrate 10 top in the control oscillation section 200 by which unification formation was carried out. In addition, the controlled passivity mode synchronizer 100 is called slave laser, and the control oscillation section 200 is called master laser here. Moreover, the 1st and 2nd passivity waveguide field (I and IV) is also

called the 1st distribution feedback field (DBR field) and the 2nd distribution feedback field (DBR field) here.

[0020] moreover, the 4th passivity waveguide field (VII) where the master laser 200 was formed in the other end of the 2nd gain field (VI), the 3rd passivity waveguide field (V) where it was prepared in the end of the 2nd gain field (VI) concerned, and the 2nd gain field (VI) — with, it constitutes. In addition, the 3rd and 4th passivity waveguide field (V and VII) is also called the 3rd DBR field and the 4th DBR field here.

[0021] Each field I–VII mentioned above with the gestalt of this operation It is connected one by one and prepared. the [ and / the n-InP cladding layer 11 in which the 1st DBR field (I) of the slave laser 100 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP passivity waveguide layer 14, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 1p side ohmic electrode 22. Moreover, the grating (diffraction grating) 19 is formed in the InGaAsP guide layer 18.

[0022] the [ moreover, / the n-InP cladding layer 11 in which the 1st gain field (II) of the slave laser 100 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP barrier layer 16, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 2p side ohmic electrode 24.

[0023] the [ moreover, / the n-InP cladding layer 11 in which the saturable absorption field (III) of the slave laser 100 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP barrier layer 16, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 3p side ohmic electrode 26. That is, with the gestalt of this operation, the 1st gain field (II) and the saturable absorption field (III) are considered as the same configuration. Moreover, the saturable absorption field (III) is established in the field which approached the master laser 200 as much as possible so that the modulation by the light pulse from the master laser 200 can be received more on an effective target. Therefore, with the gestalt of this operation, the saturable absorption field (III) is prepared between the 1st gain field (II) and the 2nd DBR field (IV).

[0024] the [ moreover, / the n-InP cladding layer 11 in which the 2nd DBR field (IV) of the slave laser 100 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP passivity waveguide layer 14, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 4p side ohmic electrode 28. Moreover, the grating 19 is formed in the InGaAsP guide layer 18. In addition, with the gestalt of this operation, the 1st DBR field (I) and the 2nd DBR field (IV) which were mentioned above are considered as the same configuration.

[0025] the [ the n-InP cladding layer 11 in which the 3rd DBR field (V) of the master laser 200, on the other hand, contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP passivity waveguide layer 14, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 5p side ohmic electrode 30. Moreover, the grating 19 is formed in the InGaAsP guide layer 18.

[0026] the [ moreover, / the n-InP cladding layer 11 in which the 2nd gain field (VI) of the master laser 200 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP barrier layer 16, the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20, and ] — it is constituted by the 6p side ohmic electrode 32. In addition, with the gestalt of this operation, the 2nd gain field (VI) and the 1st gain field (II) are considered as the same configuration.

[0027] the [ moreover, / the n-InP cladding layer 11 in which the 4th DBR field (VII) of the master laser 200 contains a substrate (n-InP substrate) 10, the InGaAsP guide layer 12, the InGaAsP passivity waveguide layer 14 the InGaAsP guide layer 18, the p-InP cladding layer 20 and ] — it is constituted by the 7p side ohmic electrode 34. Moreover, the grating 19 is formed in the InGaAsP guide layer 18. In addition, with the gestalt of this operation, the 4th DBR field (VII) and the 3rd DBR field (V) are considered as the same configuration.

[0028] Moreover, the n side ohmic electrode 36 is formed in the rear face of a substrate 10. Furthermore, the antireflection film 38 is formed in the outgoing radiation end face 37 of the slave laser 100, and the antireflection film 40 is formed in the end face 39 of the master laser 200.

[0029] Thus, by forming antireflection films 38 and 40, it can prevent that the control light pulse

of the master laser 200 serves as return light by the outgoing radiation end face 37 of the slave laser 100, and the return light from one side of the master laser 200 can be prevented.

[0030] With the gestalt of this operation, the pitch of the grating (diffraction grating) 19 of the 1st and 2nd DBR field (I and IV) is made into the same pitch, and the pitch of the diffraction grating 19 of the 3rd and 4th DBR field (V and VII) is made into the same pitch, and the pitch of the diffraction grating of the 1st and 2nd DBR field (I and IV) and the pitch of the diffraction grating of the 3rd and 4th DBR field (V and VII) are changed. By forming such a diffraction grating 19, all the phases of the wavelength of light reflected selectively can be arranged. Therefore, in each 1st, 2nd, 3rd, and 4th DBR field (I, IV, V, and VII), when current impregnation is performed, a frequency is changed equivalent with the pitch of periodic structure, and the selection wavelength of it becomes possible.

[0031] Moreover, band gap wavelength of the passive waveguide layer 14 of the 1st, 2nd, 3rd, and 4th DBR field is made shorter than the band gap wavelength of the barrier layer 16 of the 1st and 2nd gain field here. For this reason, the light oscillated in the 1st and 2nd gain field (II and VI) can be made to spread without making light absorb in the 1st, 2nd, 3rd, and 4th DBR field (I, IV, V, and VII). Therefore, the propagation loss in the 1st, 2nd, 3rd, and 4th DBR field can be made small. Moreover, sufficient isolation is electrically given between each field, and it is constituted so that the cross protection of light may not arise between each field.

[0032] the [ moreover, / for carrying out current impregnation in the 1st, 2nd, 3rd, and 4th DBR field (I, IV, V, and VII) and the 1st and 2nd gain field (II and VI) / the 1st, the 2nd, the 4th, the 5th, the 6th, and ] — the 7p side ohmic electrode (22, 24, 28, 30, 32, and 34) is prepared. the [ moreover, / for impressing a reverse bias electrical potential difference to a saturable absorption field (III) ] — the 3p side ohmic electrode 26 is formed.

[0033] As mentioned above, since the slave laser 100 and the master laser 200 are integrated on the common substrate 10 and it has formed, with the gestalt of this operation, equipment itself can be used as a compact compared with the former. Moreover, since unification formation of both has been carried out, like before, it becomes unnecessary to adjust optical association for every optical property, and working efficiency improves remarkably.

[0034] Moreover, since both are coupled directly and loss on the strength [ optical ] and fluctuation of plane of polarization are lost in case the control light pulse signal oscillated by the master laser 200 is poured into the slave laser 100, an output light pulse can be made to output from the outgoing radiation end face of slave laser efficiently, and actuation is also stabilized.

[0035] With reference to the [manufacture approach of semi-conductor pulse laser equipment], next drawing 1, it explains briefly per manufacture approach of the semi-conductor pulse laser equipment this invention.

[0036] With the gestalt of this operation, for example, a n-InP substrate is used as a common substrate 10. this substrate 10 top — organic vapor growth (MOVCD) — the n-InP cladding layer 11 is formed using law. Next, using the MOVCD method, the InGaAsP guide layer 12 is formed and the InGaAsP barrier layer 16 and the InGaAsP passivity waveguide layer 14 are grown up on the guide layer 12 using a selection grown method. then, the passive barrier layer 16 and waveguide layer 14 top — MOCVD — the InGaAsP guide layer 18 is formed using law. Then, a grating 19 is formed in the top face of this guide layer 18.

[0037] next, the guide layer 18 top containing a grating 19 — MOCVD — the p-InP cladding layer 20 is formed using law.

[0038] Next, the p side ohmic electrode reserve film (not shown) is formed on the p-InP cladding layer 20, for example using a CVD method. then, a photolithography techniques — using — the p side ohmic electrode reserve film — etching — the [ the 1st the 2nd, the 3rd, the 4th, the 5th, the 6th, and ] — the 7p side ohmic electrodes 22, 24, 26, 28, 30, 32, and 34 are formed.

[0039] Next, the n side ohmic electrode 36 is formed in the rear face of a substrate 10, for example using a CVD method.

[0040] Furthermore, a CVD method is used, an antireflection film 38 is formed, and, on the other hand, an antireflection film 40 is formed in the outgoing radiation end-face 37 side of the slave laser 100 also at the end-face 39 side of the master laser 200. Here, let antireflection films 38 and 40 be for example, SiO<sub>2</sub> glass.

[0041] With reference to [explanation of semi-conductor pulse laser equipment of operation], next drawing 2, it explains per actuation of the semi-conductor pulse laser equipment of this invention.

[0042] the [ of the slave laser 100 ] — direct current voltage supply 50 are connected to the 3p side ohmic electrode 26. the [ moreover, / the 1st, the 2nd, and ] — the sources 52, 54, and 56 of a direct current are connected to the 4p side ohmic electrodes 22, 24, and 28.

[0043] on the other hand — the [ of the master laser 200 / the 5th, the 6th, and ] — as for the 7p side ohmic electrodes 30, 32, and 34, the sources 58, 60, and 62 of a direct current are connected. the [ moreover, ] — the modulation voltage source 64 is connected to the source 60 of a direct current and a serial concerned in the source 60 of a direct current connected to the 6p side ohmic electrode 32. And each voltage source 50 and current source (52, 54, 56, 58, 60, and 62) are connected to a highway 66, and this highway 66 is connected to the ground 68.

[0044] When operating this semi-conductor pulse laser equipment, an electric modulation is added to the 2nd gain field (VI) of the master laser 200 from the source of a direct current, and the modulation voltage sources 60 and 64, and active mode locking is made to cause first. That is, if a modulation electrical potential difference is poured into the 2nd gain field (VI), it will oscillate by the barrier layer 16 and a laser beam will be produced. Incidence of this laser beam is carried out to the passive waveguide layer 14 of the 3rd and 4th DBR field (V and VII), and a control light pulse with the period of a predetermined circumference frequency is generated. In addition, a circumference frequency (or repeat frequency) is decided by the sum (M) of the die length of the 2nd gain field (VI), and the die length of the effective penetration length of the 3rd and 4th DBR field (V and VII) here.

[0045] At this time, it is the repeat period T2 of a circumference frequency. Repeat period T1 of the circumference frequency of an output light pulse It is good to make it an integral multiple. That is, it is the repeat period T2 of a circumference frequency here.  $T2 = m \times T1$  It carries out. However, m is taken as an integer. Then, a control light pulse is poured into the slave laser 100.

[0046] On the other hand, a direct current is poured into the 1st gain field (II) from the source 54 of a direct current. Moreover, a reverse bias electrical potential difference is impressed to a saturable absorption field (III) from direct current voltage supply 50. At this time, the light oscillated in the 1st gain field (II) spreads to the 1st DBR field (I), a saturable absorption field (III), and the 2nd DBR field (IV). At this time, the oscillation wavelength oscillated in the 2nd gain field (VI) of the master laser 200 penetrates the passive waveguide layer 14 of the 1st and 2nd DBR field. The control light pulse oscillated by the master laser 200 is efficiently poured into the slave laser 100, and the poured-in control light pulse spreads to a saturable absorption field (III). The passive synchronous mode of this control light pulse is carried out by the slave laser 100, and it outputs an output light pulse (OP) from the outgoing radiation end face 37 of the slave laser 100.

[0047] Repeat period T1 of the circumference frequency of the output light pulse at this time It is decided by the die length of the barrier layer 16 of the 1st gain field (II), and the sum (L) with the effective penetration length of the passive waveguide layer 14 of the 1st and 2nd DBR field (I and IV). That is, at this example, it is the repeat period T1 of the circumference frequency of slave laser. It is expressed with (1) type.

[0048]  $T1 = 2\text{etag} L/c \dots (1)$

However, etag The effective index of the 1st and 2nd DBR field and L take as the die length (waveguide length of slave laser) of a resonator, and c is taken as the velocity of light ( $3.0 \times 10^8$  m / second).

[0049] Next, with reference to drawing 3, it explains per reflection factor property of semi-conductor pulse laser equipment. In addition, drawing 3 is drawing for explaining the reflection factor property of the photoelectrical force of slave laser and master laser. Wavelength (micrometer) is taken along an axis of abscissa among drawing, and the reflection factor (R) of the photoelectrical force is taken and shown on an axis of ordinate.

[0050] DECHUNINGU of the wavelength of each field is computable by count from such a reflection factor property. And the stability of a time amount jitter can be known from this DECHUNINGU.



[0051] First, the reflection factor of the slave laser 100 and the master laser 200 is calculated using the formula of the reflection factor of the diffraction grating indicated by Reference II. The formula used at this time is taken as (2) equations (reference II: semiconductor laser, an optical integrated circuit, Ohm-Sha, the Showa 59 issuance, p.327).

[0052]

[Equation 1]

$$R = \frac{k^2 \tan h^2 \gamma L_B}{\left( \gamma + \frac{\alpha}{2} \tan h \gamma L_B \right)^2 + \delta^2 \tan h^2 \gamma L_B}$$

$$\delta = 2n_{eq}\pi \left( 1/\lambda - 1/\lambda_B \right)$$

$$\gamma^2 = \left( \frac{\alpha}{2} + j\delta \right)^2 + k^2$$

ただし、 K : 結合係数  
 $\alpha$  : 損失係数  
 LB : 受動導波路領域の長さ  
 neg : 受動導波路領域の等価屈折率  
 $\lambda_B$  : ブラック波長  
 $\lambda$  : 波長 (任意)

[0053] Here, each parameter was set up as follows. Namely, the diffraction grating 19 of the slave laser 100 is received. Die-length LBA of  $\lambda_{BA}=1.550$ micrometer and the 1st and 2nd DBR field for Bragg wavelength  $\lambda_{BA}$  LBA=200micrometer, Coupling-coefficient  $\kappa_A$   $\kappa_A=30\text{cm}^{-1}$  and loss factor  $\alpha_A$  It is referred to as  $\alpha_A=10\text{cm}^{-1}$ , and the diffraction grating 19 of the master laser 200 is received. It is LBB=300micrometer and coupling-coefficient  $\kappa_B$  in Bragg wavelength  $\lambda_{BB}$  about the die length LBB of  $\lambda_{BB}=1.547$ micrometer and the 3rd and 4th DBR field.  $\kappa_B=20\text{cm}^{-1}$  and loss factor  $\alpha_B$  It is referred to as  $\alpha_B=10\text{cm}^{-1}$ .

[0054] The oscillation wavelength of the reflection factor maximum peak R1 of slave laser is set to 1.550 micrometers, and the oscillation wavelength of the reflection factor maximum peak R2 of master laser is set to 1.546 micrometers so that he can understand from the count result of drawing 3.

[0055] Therefore, when the oscillation wavelength of slave laser and the oscillation wavelength of master laser are made DECHUNINGU and a synchronization is taken, it is  $\text{DECHUNINGU}=1.546-1.55=-0.004$  (micrometer) of oscillation wavelength.

It becomes.

[0056] Thus, since the time amount jitter stabilized comparatively is shown as everyone knows (reference III : IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL.8, No.2, FEB 1996, and pp.191-193) when oscillation wavelength is made DECHUNINGU [ a short wave (minus) side ], it becomes possible from the outgoing radiation end face 37 of the slave laser 100 to make the small stable output light pulse of a time amount jitter output. Therefore, even if it uses the semiconductor pulse laser equipment of this invention about a time amount jitter, a property equivalent to the former can be acquired substantially.

[0057] Although the component was constituted from a gestalt of operation mentioned above, using an InP system substrate as an ingredient of a common substrate, it is not limited to this ingredient at all, and a component may be constituted using the substrate of a GaAs system.

[0058] Moreover, although the light pulse generating approach by active mode locking was adopted as the master laser 200, hybrid passive mode locking which impresses a modulation electrical potential difference to a Q switch or a saturable absorption field may generate an output light pulse instead of active mode locking.

[0059]

[Effect of the Invention] According to the semi-conductor pulse laser of this invention, so that clearly from the explanation mentioned above The 1st gain field and the 1st passivity waveguide field established in the end of the 1st gain field, The controlled passivity mode synchronizer which consists of a 2nd passivity waveguide field which was connected [ other end / of the 1st gain field ] to the prepared saturable absorption field and the saturable absorption field, and was prepared, Since the control oscillation section by which unification formation was carried out is formed in the 2nd passivity waveguide field side of a controlled passivity mode synchronizer as a single light corpuscle child in preparation for a respectively common substrate top, equipment is made into a compact compared with the former. Moreover, since a controlled passivity mode synchronizer and the control oscillation section are made into unification structure and it has formed, adjustment of optical association becomes easy compared with the former. Moreover, both joint effectiveness also improves. Moreover, since direct coupling of both is carried out in case the control light pulse from the control oscillation section is poured into the controlled passivity mode anaphase section, loss of optical reinforcement and fluctuation of actuation by plane of polarization are also mitigated.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view offered in order to explain the main structures of the semi-conductor pulse laser equipment of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram offered in order to explain actuation of the semi-conductor pulse laser equipment of this invention.

[Drawing 3] It is drawing offered in order to explain the reflection factor property over the wavelength of a control oscillation field and a controlled passive-mode-locking field.

### [Description of Notations]

10: n-InP substrate

11: n-InP cladding layer

12, a 18:InGaAsP guide layer

14: InGaAsP passivity waveguide layer

16: InGaAsP barrier layer

19: Grating

20: p-InP cladding layer

22: the — the 1p side ohmic electrode

24: the — the 2p side ohmic electrode

26: the — the 3p side ohmic electrode

28: the — the 4p side ohmic electrode

30: the — the 5p side ohmic electrode

32: the — the 6p side ohmic electrode

34: the — the 7p side ohmic electrode

36: n side ohmic electrode

37: Outgoing radiation end face

38 40: Antireflection film

39: End face

50: Direct current voltage supply

52, 54, 56, 58, 60, 62: The source of a direct current

64: Modulation voltage source

66: Highway

68: Ground

100: Slave laser

200: Master laser

I: The 1st DBR field

II: The 1st gain field

III: Saturable absorption field

IV: The 2nd DBR field

V: The 3rd DBR field

VI: The 2nd gain field

VII: The 4th DBR field

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145554

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

F I

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-308405

(22) 出願日 平成9年(1997)11月11日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 国松 大介

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 小川 洋

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 荒平 慎

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

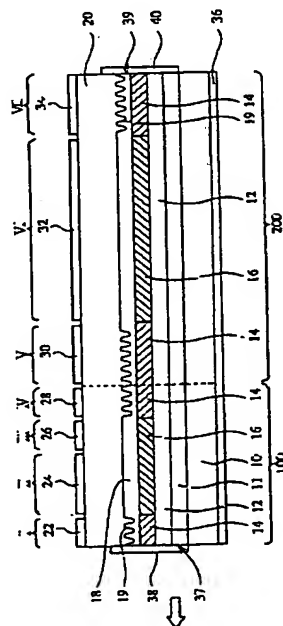
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 半導体パルスレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 伝搬損失のない優れた光出力パルスが得られかつ小型化する。

【解決手段】 第1利得領域(II)と、第1利得領域の一端に設けられた第1受動導波路領域(I)と、第1利得領域の他端に設けられた可飽和吸収領域(III)と、可飽和吸収領域に接続して設けられた第2受動導波路領域(IV)とからなる被制御受動モード同期部100と、被制御受動モード同期部の第2受動導波路領域側に一体化形成された制御発振部200とをそれぞれ共通の基板10上に具えて単一の光素子として形成されていること。



10: 0-InP基板  
16: InGaAsP活性層  
37: 出光面  
20: マスクレーザ  
IV: 第2DBR領域  
11: 0-InPクラッド層  
19: ガリウム  
38, 40: 反射鏡  
I: 第1DBR領域  
V: 第2DBR領域  
12, 18: InGaAsPガイド層  
20: P-InPクラッド層  
39: 端面  
100: 同期部  
11: 第1利得領域  
V: 第2利得領域  
14: InGaAsP受動波導路  
36: InGaAsPミラー  
100: スレーブレーザ  
10: 可飽和吸収領域  
VII: 第4DBR領域

この発明の半導体パルスレーザ装置

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1利得領域と、該第1利得領域の一端に設けられた第1受動導波路領域と、前記第1利得領域の他端に設けられた可飽和吸収領域と、該可飽和吸収領域に接続して設けられた第2受動導波路領域とからなる被制御受動モード同期部と、該被制御受動モード同期部の第2受動導波路領域側に一体化形成された制御発振部とをそれぞれ共通の基板上に具えて単一の光素子として形成されていることを特徴とする半導体パルスレーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体パルスレーザ装置において、前記制御発振部は、第2利得領域と、該第2利得領域の一端に設けられた第3受動導波路領域と、前記第2利得領域の他端に設けられた第4受動導波路領域とを以て構成してあることを特徴とする半導体パルスレーザ装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体パルスレーザ装置において、前記第1および第2受動導波路領域の実効屈折率と前記第3および第4受動導波路領域の実効屈折率とを変えて構成してあることを特徴とする半導体パルスレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体パルスレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体レーザを用いた光パルス発生装置としては、利得領域と可飽和吸収領域とからなる受動モード同期レーザがある。しかしながら、受動モード同期レーザの出力パルスは、時間ジッタが大きいという問題がある。この問題を克服する方法の一つに、光シンクロナス受動モード同期法がある。この方法は、外部から制御光パルス信号を受動モード同期レーザに注入して出力光パルスを出力させるものである。このような光シンクロナス受動モード同期法の一例として、文献I

(文献I: IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 8, NO. 5, MAY 1996, pp. 617~619)に開示された方法がある。この方法において、受動モード同期レーザは、外部から光ファイバを介して所定の時間的に安定な制御光パルスが入射される。入射された制御光パルス信号は、受動モード同期レーザの利得領域で発振した発振光と可飽和吸収領域で同期が取られる。そして、受動モード同期レーザの出射端面から時間的に安定な出力光パルス(短パルス列)を出力する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光シンクロナス受動モード同期法は、外部から制御光パルス信号を光ファイバを介して受動モード同期レーザに注入するため、以下に述べるような問題がある。

【0004】<sup>○</sup> 制御光パルス信号を受動モード同期レー

ザに注入する過程において、光強度の損失がある。

【0005】<sup>○</sup> 光ファイバと受動モード同期レーザとの結合段階で、高精度な光学的結合を行う必要があり、光学調整が非常に煩雑である。

【0006】<sup>○</sup> 光ファイバから制御光パルスを受動モード同期レーザに入射した際の偏波面(電界の振動面)の変動によって動作が不安定になる。

【0007】<sup>○</sup> さらに、従来の受動モード同期レーザは、光ファイバとか制御光パルス発生装置とかを必要とするため、装置が大型化する。

【0008】そこで、伝搬損失が少なく、光学結合調整が簡単で、動作安定性も良く、かつ小型化できる半導体パルスレーザ装置の出現が望まれていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】このため、この発明の半導体パルスレーザ装置によれば、第1利得領域と、この第1利得領域の一端に設けられた第1受動導波路領域と、第1利得領域の他端に設けられた可飽和吸収領域と、この可飽和吸収領域に接続して設けられた第2受動導波路領域とからなる被制御受動モード同期部と、被制御受動モード同期部の第2受動導波路領域側に一体化形成された制御発振部とをそれぞれ共通の基板上に具えて単一の光素子として形成されていることを特徴とする。

【0010】このように、この発明では、被制御受動モード同期部に制御発振部を一体化形成して構成されているので、装置自体をコンパクト(小型化)にすることができる。

【0011】また、制御発振部を能動モード同期構造とし、かつ被制御受動モード同期部に一体化形成してあるので、光ファイバとの結合による光強度損失がなくなる。また、従来行われていたような光特性毎に光学的結合の調整を取り直す必要がなくなる。また、被制御受動モード同期部と制御発振部とが直接結合されているので、光パルスの偏波面の変動が低減され、動作が安定する。

【0012】また、制御発振部と被制御受動モード同期部とは、直接結合されているため、被制御受動モード同期部へ注入される制御光パルスの偏波面での変動がなくなり、動作が安定する。

【0013】また、この発明の実施に当たり、好ましくは、制御発振部は、第2利得領域と、この第2利得領域の一端に設けられた第3受動導波路領域と、第2利得領域の他端に設けられた第4受動導波路領域とを以て構成してあるのが良い。

【0014】このような構成にすることにより、第2利得領域に変調電圧を印加して制御光パルスを発振させかつ第3および第4受動導波路領域を伝播させることができる。

【0015】また、この発明の実施に当たり、好ましくは、第1および第2受動導波路領域の実効屈折率と第3

および第4受動導波路領域の実効屈折率とを変えて、すなわち異なる値として構成してあるのが良い。

【0016】このような構成にすることにより、制御発振部で発振した制御光パルスと被制御受動モード同期部の第1利得領域で発振した発振光の周波数（ブラッグ波長）を変えることができるので、それぞれの周回周波数の波長選択を行うことができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態の半導体パルスレーザ装置につき説明する。なお、図1および図2の各構成成分の大きさ、形状および配置関係は、この発明が理解できる程度に概略的に示してあるにすぎず、従って、この発明は、何ら図示例に限定されるものではない。

【0018】【半導体パルスレーザ装置の構造】図1を参照して、この発明の半導体パルスレーザ装置の実施の形態につき説明する。尚、図1は、この発明の半導体パルスレーザ装置の主要構造を説明するために供する断面図である。ここでは、図を明確化するため、図中断面を表す斜線の一部を省略して示す。

【0019】この被制御受動モード同期部100は、第1利得領域(II)と、第1利得領域(II)の一端に設けられた第1受動導波路領域(I)と、第1利得領域(I)の他端に設けられた可飽和吸収領域(III)と、この可飽和吸収領域(III)に接続して設けられた第2受動導波路領域(IV)とを具えている。この発明の半導体パルスレーザ装置は、被制御受動モード同期部100の第2受動導波路領域(IV)側に一体化形成された制御発振部200とをそれぞれ共通の基板10上に具えて単一の光素子として形成されている。尚、ここでは、被制御受動モード同期部100をスレーブレーザと称し、制御発振部200をマスターレーザと称する。また、第1および第2受動導波路領域(IおよびIV)を、ここでは第1分布帰還領域(DBR領域)および第2分布帰還領域(DBR領域)とも称する。

【0020】また、マスターレーザ200は、第2利得領域(VI)と、当該第2利得領域(VI)の一端に設けられた第3受動導波路領域(V)と、第2利得領域(VI)の他端に設けられた第4受動導波路領域(VII)とを以て構成してある。尚、ここでは、第3および第4受動導波路領域(VおよびVII)を第3DBR領域および第4DBR領域とも称する。

【0021】この実施の形態では、上述した各領域I～VIIは、順次につながって設けられている。そして、スレーブレーザ100の第1DBR領域(I)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP受動導波路層14、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第1p側オーミック電極22により構成されている。また、InGaAsPガイド層1

8には、グレーティング(回折格子)19が形成されている。

【0022】また、スレーブレーザ100の第1利得領域(II)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP活性層16、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第2p側オーミック電極24により構成されている。

【0023】また、スレーブレーザ100の可飽和吸収領域(III)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP活性層16、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第3p側オーミック電極26により構成されている。すなわち、この実施の形態では、第1利得領域(II)と可飽和吸収領域(III)とは同一構成としてある。また、可飽和吸収領域(III)は、マスターレーザ200からの光パルスによる変調をより有効的に受光できるように、できるだけマスターレーザ200に近接した領域に設けてある。従って、この実施の形態では、可飽和吸収領域(III)を第1利得領域(II)と第2DBR領域(IV)との間に設けてある。

【0024】また、スレーブレーザ100の第2DBR領域(IV)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP受動導波路層14、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第4p側オーミック電極28により構成されている。また、InGaAsPガイド層18には、グレーティング19が形成されている。尚、この実施の形態では、上述した第1DBR領域(I)と第2DBR領域(IV)とは同一構成としてある。

【0025】一方、マスターレーザ200の第3DBR領域(V)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP受動導波路層14、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第5p側オーミック電極30により構成されている。また、InGaAsPガイド層18には、グレーティング19が形成されている。

【0026】また、マスターレーザ200の第2利得領域(VI)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、InGaAsP活性層16、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第6p側オーミック電極32により構成されている。尚、この実施の形態では、第2利得領域(VI)と第1利得領域(II)とは、同一構成としてある。

【0027】また、マスターレーザ200の第4DBR領域(VII)は、基板(n-InP基板)10を含むn-InPクラッド層11、InGaAsPガイド層12、

InGaAsP受動導波路層14、InGaAsPガイド層18、p-InPクラッド層20および第7p側オーミック電極34により構成されている。また、InGaAsPガイド層18には、グレーティング19が形成されている。尚、この実施の形態では、第4DBR領域(VII)と第3DBR領域(V)とは同一構成としてある。

【0028】また、基板10の裏面には、n側オーミック電極36が設けられている。さらに、スレーブレザ100の出射端面37には、反射防止膜38が設けられており、マスターレーザ200の端面39には反射防止膜40が設けられている。

【0029】このように、反射防止膜38および40を設けることにより、マスターレーザ200の制御光パルスがスレーブレザ100の出射端面37で戻り光となるのを防止し、かつマスターレーザ200の一方からの戻り光を防止することができる。

【0030】この実施の形態では、第1および第2DBR領域(IおよびIV)のグレーティング(回折格子)19のピッチを同一ピッチとし、第3および第4DBR領域(VおよびVII)の回折格子19のピッチを同一ピッチとしてあり、かつ、第1および第2DBR領域(IおよびIV)の回折格子のピッチと第3および第4DBR領域(VおよびVII)の回折格子のピッチを変えてある。このような回折格子19を形成することにより、部分的に反射された光の波長の位相を全て揃えることができる。従って、それぞれの第1、第2、第3および第4DBR領域(I、IV、VおよびVII)では、電流注入を行った場合、周波数は、周期構造のピッチにより等価的に変えられて、選択波長が可能となる。

【0031】また、ここでは、第1、第2、第3および第4DBR領域の受動導波路層14のバンド・ギャップ波長を、第1および第2利得領域の活性層16のバンド・ギャップ波長よりも短くしてある。このため、第1および第2利得領域(IIおよびVI)で発振した光を、第1、第2、第3および第4DBR領域(I、IV、VおよびVII)で光を吸収させずに、伝播させることができる。従って、第1、第2、第3および第4DBR領域での伝搬損失を小さくすることができる。また、各領域間は、電氣的に十分なアイソレーションを持たせてあり、それぞれの領域間で光の干渉効果が生じないように構成されている。

【0032】また、第1、第2、第3および第4DBR領域(I、IV、VおよびVII)と第1および第2利得領域(IIおよびVI)には、電流注入するための第1、第2、第4、第5、第6および第7p側オーミック電極(22、24、28、30、32および34)を設けてある。また、可飽和吸収領域(III)には逆バイアス電圧を印加するための第3p側オーミック電極26を設けている。

【0033】上述したように、この実施の形態では、スレーブレザ100とマスターレーザ200とを共通の基板10上に集積化して形成してあるので、従来に比べ、装置自体をコンパクトにすることができる。また、両者を一体化形成してあるので、従来のように、光特性毎に光学結合を調整する必要がなくなり、作業効率が著しく向上する。

【0034】また、両者を直接結合してあるので、マスターレーザ200で発振する制御光パルス信号をスレーブレザ100に注入する際に、光強度損失や偏波面の変動がなくなるため、効率良くスレーブレザの出射端面から出力光パルスを出力させることができ、かつ動作も安定する。

【0035】[半導体パルスレーザ装置の製造方法]次に、図1を参照して、この発明の半導体パルスレーザ装置の製造方法につき簡単に説明する。

【0036】この実施の形態では、共通の基板10として、例えばn-InP基板を用いる。この基板10上に、有機気相成長(MOVCD)法を用いてn-InPクラッド層11を形成する。次に、MOVCD法を用いて、InGaAsPガイド層12を形成し、選択成長法を用いて、ガイド層12上にInGaAsP活性層16とInGaAsP受動導波路層14とを成長させる。続いて、活性層16および受動導波路層14上に、MOCVD法を用いてInGaAsPガイド層18を形成する。その後、このガイド層18の上面にグレーティング19を形成する。

【0037】次に、グレーティング19を含むガイド層18上に、MOCVD法を用いてp-InPクラッド層20を形成する。

【0038】次に、例えばCVD法を用いてp-InPクラッド層20上に、p側オーミック電極予備膜(図示せず)を形成する。その後、ホトリソグラフィ技術を用いてp側オーミック電極予備膜をエッチングして、第1、第2、第3、第4、第5、第6および第7p側オーミック電極22、24、26、28、30、32および34を形成する。

【0039】次に、例えばCVD法を用いて、基板10の裏面にn側オーミック電極36を形成する。

【0040】さらに、スレーブレザ100の出射端面37側に、例えばCVD法を用いて、反射防止膜38を形成し、一方、マスターレーザ200の端面39側にも反射防止膜40を形成する。ここでは、反射防止膜38および40を例えばSiO<sub>2</sub>ガラスとする。

【0041】[半導体パルスレーザ装置の動作説明]次に、図2を参照して、この発明の半導体パルスレーザ装置の動作につき説明する。

【0042】スレーブレザ100の第3p側オーミック電極26には、直流電圧源50が接続されている。また、第1、第2および第4p側オーミック電極22、2

4、および28には、直流電流源52、54および56が接続されている。

【0043】一方、マスターレーザ200の第5、第6および第7p側オーミック電極30、32および34は、直流電流源58、60および62が接続されている。また、第6p側オーミック電極32に接続された直流電流源60には、当該直流電流源60と直列に変調電圧源64が接続されている。そして、それぞれの電圧源50および電流源(52、54、56、58、60および62)は、共通線66に接続され、また、この共通線66は、アース68に接続されている。

【0044】この半導体パルスレーザ装置を動作させる場合は、まず、マスターレーザ200の第2利得領域(VI)に直流電流源および変調電圧源60および64から電気的変調を加えて能動モード同期を起こさせる。すなわち、第2利得領域(VI)に変調電圧を注入すると、活性層16で発振してレーザ光を生じる。このレーザ光が第3および第4DBR領域(VおよびVII)の受動導波路層14に入射され、所定の周回周波数の周期を持った制御光パルスが生成される。尚、ここで、周回周波数(または繰返し周波数)は、第2利得領域(VI)の長さ、第3および第4DBR領域(VおよびVII)の実効進入長の長さとの和(M)で決まる。

【0045】このとき、周回周波数の繰返し周期 $T_2$ を、出力光パルスの周回周波数の繰返し周期 $T_1$ の整数倍にするのが良い。すなわち、ここでは、周回周波数の繰返し周期 $T_2$ を $T_2 = m \times T_1$ とする。但し、 $m$ は整数とする。続いて、制御光パルスをスレーブレーザ100に注入する。

【0046】一方、第1利得領域(II)に直流電流源54から直流電流を注入する。また、可飽和吸収領域(II)に直流電圧源50から逆バイアス電圧を印加する。このとき、第1利得領域(II)で発振した光は、第1DBR領域(I)、可飽和吸収領域(III)および第2DBR領域(IV)に伝搬される。このとき、マスターレーザ200の第2利得領域(VI)で発振した発振波長は、第1および第2DBR領域の受動導波路層14を透過する。マスターレーザ200で発振した制御光パルスがスレーブレーザ100に効率良く注入され、注入された制御光パルスが可飽和吸収領域(III)に伝播される。この制御光パルスは、スレーブレーザ100で受動同期モードされてスレーブレーザ100の射出端面37から出力光パルス(OP)を出力する。

【0047】このときの出力光パルスの周回周波数の繰返し周期 $T_1$ は、第1利得領域(II)の活性層16の長さ、第1および第2DBR領域(IおよびIV)の受動導波路層14の実効進入長との和(L)で決まる。すなわち、この例では、スレーブレーザの周回周波数の繰返し周期 $T_1$ は、(1)式で表される。

【0048】 $T_1 = 2n_g L / c \dots \dots (1)$

但し、 $n_g$ は、第1および第2DBR領域の実効屈折率、 $L$ は、共振器の長さ(スレーブレーザの導波路長)、 $c$ は、光速( $3.0 \times 10^8$  m/秒)とする。

【0049】次に、図3を参照して、半導体パルスレーザ装置の反射率特性につき説明する。尚、図3は、スレーブレーザとマスターレーザの光電力の反射率特性を説明するための図である。図中、横軸に波長( $\mu$ m)を取り、縦軸に光電力の反射率(R)を取って示す。

【0050】このような反射率特性から各領域の波長のデチューニングを計算で算出することができる。そして、このデチューニングから時間ジッタの安定性を知ることができる。

【0051】まず、文献IIに開示された回折格子の反射率の式を用いて、スレーブレーザ100とマスターレーザ200の反射率を計算する。このとき用いた計算式は、(2)式とする(文献II：半導体レーザと光集積回路、オーム社、昭和59年発行、p.327)。

【0052】

【数1】

$$R = \frac{k^2 \tan^2 h^2 \gamma L_B}{\left( \gamma + \frac{\alpha}{2} \tan h \gamma L_B \right)^2 + \delta^2 \tan^2 h^2 \gamma L_B}$$

$$\delta = 2n_{eq} \pi \left( 1/\lambda - 1/\lambda_B \right)$$

$$\gamma^2 = \left( \frac{\alpha}{2} + j\delta \right)^2 + k^2$$

ただし、  
 $K$ : 結合係数  
 $\alpha$ : 損失係数  
 $L_B$ : 受動導波路領域の長さ  
 $n_{eq}$ : 受動導波路領域の等価屈折率  
 $\lambda_B$ : ブラッグ波長  
 $\lambda$ : 波長(任意)

【0053】ここでは、各パラメータを以下のように設定した。すなわち、スレーブレーザ100の回折格子19に対しては、ブラッグ波長 $\lambda_{BA}$ を $\lambda_{BA} = 1.550 \mu$ m、第1および第2DBR領域の長さ $L_{BA}$ を $L_{BA} = 200 \mu$ m、結合係数 $\kappa_A$ を $\kappa_A = 30 \text{ cm}^{-1}$ 、損失係数 $\alpha_A$ を $\alpha_A = 10 \text{ cm}^{-1}$ とし、マスターレーザ200の回折格子19に対しては、ブラッグ波長 $\lambda_{BB}$ を $\lambda_{BB} = 1.547 \mu$ m、第3および第4DBR領域の長さ $L_{BB}$ を $L_{BB} = 300 \mu$ m、結合係数 $\kappa_B$ を $\kappa_B = 20 \text{ cm}^{-1}$ 、損失係数 $\alpha_B$ を $\alpha_B = 10 \text{ cm}^{-1}$ とする。

【0054】図3の計算結果から理解できるように、ス



レーブレーザの反射率最大ピークR1の発振波長は、 $1.550\mu\text{m}$ となり、マスターレーザの反射率最大ピークR2の発振波長は、 $1.546\mu\text{m}$ となる。

【0055】従って、スレーブレーザの発振波長とマスターレーザの発振波長とをデチューニングさせて同期をとると、  
発振波長のデチューニング $=1.546-1.55=-0.004(\mu\text{m})$   
となる。

【0056】このように、発振波長が短波（マイナス）側にデチューニングさせると、周知の通り（文献III：IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL.8, No.2, FEB 1996, pp. 191～193）、比較的安定した時間ジッタを示すので、スレーブレーザ100の出射端面37から時間ジッタの小さい安定した出力光パルスを出力させることが可能となる。従って、時間ジッタに関してはこの発明の半導体パルスレーザ装置を用いても実質的に従来と同等な特性を得ることができる。

【0057】上述した実施の形態では、共通の基板の材料として、InP系基板を用いて素子を構成したが、何らこの材料に限定されるものではなく、例えばGaAs系の基板を用いて素子を構成しても良い。

【0058】また、マスターレーザ200には、能動モード同期による光パルス発生方法を採用したが、能動モード同期の代わりに、Qスイッチとか可飽和吸収領域に変調電圧を印加するハイブリッド受動モード同期によって出力光パルスを生成しても良い。

【0059】

【発明の効果】上述した説明から明らかなように、この発明の半導体パルスレーザによれば、第1利得領域と、第1利得領域の一端に設けられた第1受動導波路領域と、第1利得領域の他端に設けられた可飽和吸収領域と、可飽和吸収領域に接続して設けられた第2受動導波路領域とからなる被制御受動モード同期部と、被制御受動モード同期部の第2受動導波路領域側に一体化形成された制御発振部とをそれぞれ共通の基板上に具えて単一の光素子として形成しているので、装置を従来に比べ、コンパクトにできる。また、被制御受動モード同期部と制御発振部とは一体化構造にして形成してあるので、光学結合の調整が従来に比べ、容易となる。また、両者の結合効率も向上する。また、制御発振部からの制御光パルスを被制御受動モード後期部に注入する際に、両者が直接結合されているので、光強度の損失や偏波面による

動作の変動も軽減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の半導体パルスレーザ装置の主要構造を説明するために供する断面図である。

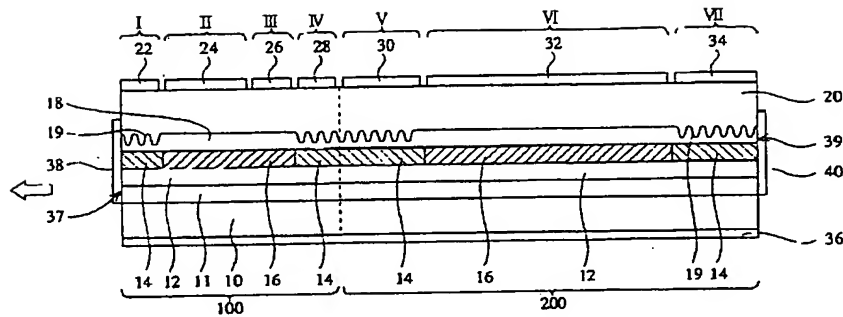
【図2】この発明の半導体パルスレーザ装置の動作を説明するために供する構成図である。

【図3】制御発振領域および被制御受動モード同期領域の波長に対する反射率特性を説明するために供する図である。

【符号の説明】

10：n-InP基板  
11：n-InPクラッド層  
12、18：InGaAsPガイド層  
14：InGaAsP受動導波路層  
16：InGaAsP活性層  
19：グレーティング  
20：p-InPクラッド層  
22：第1p側オーミック電極  
24：第2p側オーミック電極  
26：第3p側オーミック電極  
28：第4p側オーミック電極  
30：第5p側オーミック電極  
32：第6p側オーミック電極  
34：第7p側オーミック電極  
36：n側オーミック電極  
37：出射端面  
38、40：反射防止膜  
39：端面  
50：直流電圧源  
52、54、56、58、60、62：直流電流源  
64：変調電圧源  
66：共通線  
68：アース  
100：スレーブレーザ  
200：マスターレーザ  
I：第1DBR領域  
II：第1利得領域  
III：可飽和吸収領域  
IV：第2DBR領域  
V：第3DBR領域  
VI：第2利得領域  
VII：第4DBR領域

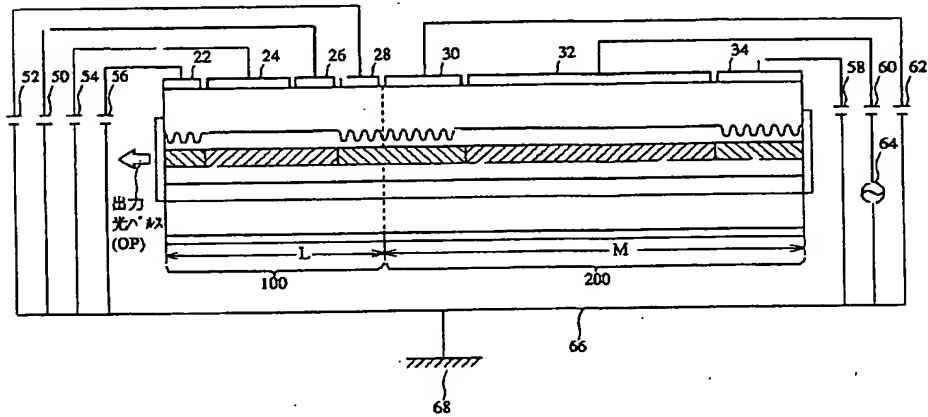
【図1】



- |                |                |                     |                   |
|----------------|----------------|---------------------|-------------------|
| 10: n-InP基板    | 11: n-InPクラッド層 | 12, 18: InGaAsPガイド層 | 14: InGaAsP受動導波路層 |
| 16: InGaAsP活性層 | 19: グレーティング    | 20: p-InPクラッド層      | 36: n側オーミック電極     |
| 37: 出射端面       | 38, 40: 反射防止膜  | 39: 端面              | 100: スレーブレーザ      |
| 200: マスターレーザ   | I: 第1 DBR領域    | II: 第1 利得領域         | III: 可飽和吸収領域      |
| IV: 第2 DBR領域   | V: 第3 DBR領域    | VI: 第2 利得領域         | VII: 第4 DBR領域     |

この発明の半導体パルスレーザ装置

【図2】



- |           |                               |         |
|-----------|-------------------------------|---------|
| 50: 直流電圧源 | 52, 54, 56, 58, 60, 62: 直流電流源 | 68: アース |
| 64: 交流電圧源 | 66: 共通線                       |         |

この発明の半導体パルスレーザ装置

【図3】

